



Potensi precision farming dalam penerapan prinsip reduce untuk mengurangi limbah sumber daya pertanian

Desti Undari^{1,2,*}, Nor Isnaeni Dwi Arista¹

¹ Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, IPB University, Bogor, Jawa Barat 16680, Indonesia;

² Direktorat Jenderal Tanaman Pangan, Kementerian Pertanian Republik Indonesia, Jakarta Selatan, DKI Jakarta 12520, Indonesia.

*Correspondence: destiundari@apps.ipb.ac.id

Disetujui: 31 Agustus 2024

ABSTRAK

Latar Belakang: Peningkatan produksi pertanian seringkali beriringan dengan penggunaan input kimia yang berlebihan, yang berkontribusi pada pencemaran lingkungan. Precision farming adalah pendekatan modern yang dapat menjawab tantangan ini, dengan mengoptimalkan penggunaan input melalui pemanfaatan teknologi canggih. Paper ini mengeksplorasi penerapan prinsip reduce dalam precision farming untuk mendukung efisiensi penggunaan pupuk dan sumber daya lainnya. **Metode:** Metode yang digunakan adalah tinjauan literatur dari berbagai studi yang telah diterbitkan terkait precision farming dan pengelolaan lahan pertanian. **Temuan:** Penerapan prinsip reduce pada kegiatan pemupukan dengan precision farming mampu mengurangi pemborosan pupuk hingga 50%, meningkatkan produktivitas lahan hingga 10%, dan meminimalkan efek lingkungan yang merugikan, seperti pencemaran air tanah dan emisi gas rumah kaca. Precision farming juga meningkatkan efisiensi penggunaan air irigasi melalui teknologi irigasi presisi. **Kesimpulan:** Penelitian ini menegaskan bahwa penerapan precision farming dengan fokus pada prinsip reduce tidak hanya mendukung pertanian berkelanjutan, tetapi juga memberikan keuntungan ekonomis bagi petani melalui pengurangan biaya produksi. Inovasi dalam teknologi precision farming, seperti integrasi sensor berbasis AI dan IoT, semakin membuka potensi efisiensi yang lebih tinggi di masa depan. **Kebaruan/Orisinalitas artikel ini:** Penekanan penggunaan prinsip reduce dalam precision farming sebagai strategi utama untuk mencapai pertanian yang lebih efisien dan ramah lingkungan, sejalan dengan tujuan yang tercantum dalam Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs) untuk produksi yang bertanggung jawab.

KATA KUNCI: *precision farming*; prinsip reduce; pertanian berkelanjutan.

ABSTRACT

Background: The increase in agricultural production is often accompanied by excessive use of chemical inputs, contributing to environmental pollution. Precision farming is a modern approach that can address this challenge by optimizing input use through advanced technology. This paper explores the application of the reduce principle in precision farming to support efficient use of fertilizers and other resources. **Method:** The method used is a literature review of various published studies related to precision farming and agricultural land management. **Findings:** The application of the reduce principle in fertilization activities with precision farming can reduce fertilizer waste by up to 50%, increase land productivity by 10%, and minimize harmful environmental effects, such as groundwater pollution and greenhouse gas emissions. Precision farming also improves irrigation efficiency through precision irrigation technology. **Conclusion:** This study confirms that applying precision farming with a focus on the reduce principle not only supports sustainable agriculture but also provides economic benefits for farmers by reducing production costs. Innovations in precision farming technology, such as the integration of AI-based sensors and IoT, further enhance potential efficiencies in the future. **Novelty/Originality of this article:** Emphasizing the use of the reduce principle in precision farming as a primary strategy to achieve more efficient and environmentally friendly agriculture aligns with the goals outlined in the Sustainable Development Goals (SDGs) for responsible production.

Cite This Article:

Undari, D., Arista, N. I. D. (2024). Potensi precision farming dalam penerapan prinsip reduce untuk mengurangi limbah sumber daya pertanian. *Waste Handling and Environmental Monitoring*, 1(2), 97-105. <https://doi.org/10.61511/whem.v1i2.2024.1239>

Copyright: © 2024 dari Penulis. Dikirim untuk kemungkinan publikasi akses terbuka berdasarkan syarat dan ketentuan dari the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



KEYWORDS: *precision farming; reduce principle; sustainable agriculture.*

1. Pendahuluan

Beberapa strategi telah digunakan untuk meningkatkan produksi pertanian, termasuk intensifikasi, ekstensifikasi, dan peningkatan sistem pengelolaan lahan pertanian. Sejak tahun 1980, pencemaran lingkungan disebabkan oleh produksi pangan yang tidak terkendali. Oleh karena itu, produksi yang tidak menggunakan banyak bahan kimia, seperti pemupukan dan penerapan herbisida, sangatlah penting (Umeda *et al.*, 1999). Pertanian menghadapi dua masalah besar: peningkatan produksi dan pengurangan dampak lingkungan. “Produksi dan konsumsi yang bertanggung jawab”—yang berarti menunjukkan pola produksi dan konsumsi yang berkelanjutan—adalah salah satu tujuan dari Agenda Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs) pilar ke-12. Mengurangi produksi sampah melalui 3R, yang berarti mengurangi, penggunaan kembali, dan daur ulang, adalah salah satu metrik yang ada di tujuan tersebut. Pengelolaan sumber daya alam milik bersama yang efektif, menganjurkan bisnis dan pelanggan untuk mendaur ulang dan mengurangi sampah, serta mendorong negara-negara berkembang menuju pola konsumsi yang lebih berkelanjutan pada tahun 2030 adalah tujuan penting untuk mencapai tujuan ini (UNDP 2015 dalam Arimbi 2018).

Sektor pertanian sebagai salah satu aktivitas manusia dalam upaya memproduksi pangan juga perlu memperhatikan efisiensi penggunaan sumber daya alam dan kelestarian lingkungan. Seiring dengan penurunan daya dukung sumber daya alam dan perubahan iklim di seluruh dunia, untuk menjaga kehidupan manusia, perlu adanya pertanian atau agroindustri yang berkelanjutan. Dukungan perkembangan teknologi ini diperlukan untuk menjamin keberlanjutan agroindustri. Salah satu kegiatan terpenting dalam usaha pertanian adalah pemupukan. Kegiatan pemupukan pada umumnya tidak mempertimbangkan keanekaragaman geografis kesuburan tanah saat ini. Hal tersebut menyebabkan pemborosan penggunaan pupuk, menurunkan produktivitas, meningkatkan biaya produksi, menurunkan keuntungan, dan berdampak negatif terhadap lingkungan. Pendekatan *precision farming* mampu menyelesaikan masalah ini. *Precision farming*, termasuk pemupukan, telah banyak dipelajari dengan menggunakan alat seperti geostatistika, AI, sistem informasi geografis, dan sistem pendukung keputusan (Prabawa *et al.*, 2008).

Precision farming, sebagai pendekatan inovatif dalam pertanian modern, menawarkan solusi yang menjanjikan untuk menghadapi tantangan ganda peningkatan produksi dan pengurangan dampak lingkungan. Dengan memanfaatkan teknologi canggih seperti sensor, sistem informasi geografis (GIS), dan analisis data, *precision farming* memungkinkan petani untuk mengelola lahan mereka dengan tingkat presisi yang belum pernah terjadi sebelumnya. Penerapan prinsip *reduce* dalam konteks *precision farming* tidak hanya mencakup pengurangan penggunaan input seperti pupuk dan pestisida, tetapi juga optimalisasi penggunaan sumber daya lain seperti air, energi, dan tenaga kerja. Hal ini sejalan dengan tujuan SDGs untuk mencapai pola produksi yang lebih bertanggung jawab dan berkelanjutan.

Implementasi *precision farming* dengan fokus pada prinsip *reduce* memiliki potensi besar untuk mentransformasi praktik pertanian konvensional menjadi lebih efisien dan ramah lingkungan. Misalnya, penggunaan peta kesuburan tanah yang detail memungkinkan aplikasi pupuk secara variabel (Takele & Itica, 2020), di mana jumlah dan jenis pupuk disesuaikan dengan kebutuhan spesifik setiap bagian lahan. Pendekatan ini tidak hanya mengurangi pemborosan pupuk, tetapi juga meminimalkan risiko pencemaran air tanah maupun emisi gas rumah kaca. Di sisi lain, teknologi irigasi presisi yang digunakan dapat secara signifikan menurunkan konsumsi air dan biaya (Kamienski *et al.*, 2019), sebuah sumber daya yang semakin langka di banyak wilayah pertanian dunia. Dengan demikian,

precision farming menjadi alat yang sangat efektif dalam menerapkan prinsip reduce tanpa mengorbankan produktivitas.

2. Metode

Penelitian ini menggunakan pendekatan literature review sistematis untuk mengidentifikasi, menilai, dan mensintesis literatur yang relevan dengan penerapan prinsip reduce dalam precision farming. Data dikumpulkan dari berbagai sumber ilmiah yang diakses melalui database terkemuka, seperti Scopus, ScienceDirect, dan Google Scholar, dengan kata kunci utama precision farming, reduce principle, dan sustainable agriculture. Setiap artikel dievaluasi berdasarkan relevansi terhadap tujuan penelitian, kualitas metodologi, serta temuan yang mendukung penggunaan teknologi untuk pengurangan input dalam pertanian presisi. Pendekatan ini bertujuan memberikan analisis yang komprehensif mengenai aplikasi dan manfaat reduce principle dalam konteks pertanian berkelanjutan.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Precision farming

Precision farming adalah pendekatan dalam bidang pertanian yang menggunakan teknologi dan informasi dalam menemukan, menganalisis, dan mengelola semua variabilitas yang ada pada suatu lahan pertanian tertentu dengan tujuan memperoleh keuntungan yang optimal dan berkelanjutan sambil tetap menjaga dan melindungi kelestarian lingkungan (Godwin *et al.*, 2013). Precision Farming harus segera dimulai di Indonesia karena merupakan teknologi baru yang sangat berkembang di luar negeri yang dapat memungkinkan perawatan lahan yang lebih menyeluruh yang mampu meningkatkan produktivitas, mengurangi biaya produksi, dan mengurangi dampak lingkungan. Prinsip utama precision farming adalah mengusahakan agar semua komponen input budidaya sebisa mungkin dapat digunakan secara lebih tepat dalam jumlah, tempat, dan waktunya. Untuk mencapai tujuan ini, informasi yang memadai perlu diberikan tentang teknologi komponen budidaya, perkiraan iklim, sifat tanah, tingkat kecukupan air dan kesuburan tanah, serta langkah-langkah teknis untuk mengendalikan OPT (Gebbers and Adamchuk, 2010).

Precision farming memiliki lima komponen utama: mengevaluasi keragaman, memeriksa keragaman, membuat pilihan, melakukan tindakan yang sesuai dengan keragaman, dan mengevaluasi serta menilai hasil yang bermanfaat sebagai umpan balik untuk solusi perbaikan berikutnya. Precision farming akan memudahkan petani untuk menemukan, menganalisis, dan mengelola semua variabel yang ada dengan cepat, tepat, dan spesifik, sehingga mereka dapat menerapkan manajemen pertanian yang tepat (Ginting & Wiratmoko 2021). Precision farming bermanfaat untuk memantau lahan, menemukan penyakit dan hama tanaman, dan menghitung jumlah pupuk yang diperlukan untuk tanaman (Anderson *et al.*, 2016).

Precision farming dapat diterapkan pada berbagai jenis tanaman keras, peternakan, sereal, hortikultura, dan tanaman budidaya (Sitthaphanit *et al.*, 2009). Precision farming dapat meningkatkan berbagai aspek pengelolaan lahan, seperti agronomi, teknik, dan ekonomi, jika dilihat dari perspektif produksi. Selain itu, keuntungan bagi lingkungan termasuk kemampuan untuk mengurangi pencemaran melalui estimasi yang lebih akurat tentang kebutuhan nitrogen, yang dapat mengurangi cemaran nitrogen yang dibawa run-off. Salah satu manfaat precision farming bagi petani adalah pembentukan basis data yang akan membantu mereka membuat keputusan dengan menyimpan data usaha tani dan hasil panen (Putra & Soni 2017).

Pertanian Indonesia menghadapi banyak masalah, utamanya adalah masalah teknis yang mengakibatkan tanaman memiliki tingkat output yang rendah dibandingkan dengan potensinya. Di sisi lain, besarnya biaya produksi yang dikeluarkan akibat dari penggunaan

input yang tidak cocok, metode yang tidak efisien, dan sistem administrasi yang tidak teratur berpotensi mengancam kelangsungan usaha pertanian di Indonesia. Petani dan semua pihak yang terlibat telah memahami bahwa berbagai teknologi dalam manajemen usaha pertanian sebagai sistem pertanian yang tepat waktu sangatlah penting untuk diterapkan. Menurut Ginting dan Wiratmoko (2021), ada beberapa komponen utama dari pertanian presisi. Ini termasuk teknologi GPS (Global Positioning System), teknologi GIS (Geographic Information System), teknologi penginderaan jauh atau penginderaan jauh, dan teknologi penggunaan tingkat variabilitas, yang meliputi teknologi penginderaan dan berbagai peralatan mesin. Menurut Putra (2020), sosialisasi precision farming harus dilakukan untuk memberi petani Indonesia, termasuk penyuluh pertanian, gambaran dan pengetahuan awal tentang teknologi yang dapat digunakan dalam pertanian.

3.2 Prinsip reduce dalam precision farming

Pupuk mengandung satu atau lebih unsur yang tanaman dapat menyerap sepenuhnya, mereka sangat penting untuk menjaga tanah agar subur. Bagi petani, pupuk sudah menjadi sebuah jaminan untuk tanaman tumbuh subur dan menghasilkan banyak hasil. Namun, hasil yang dihasilkan tidak selalu luar biasa. Salah penggunaan pupuk adalah alasan utama mengapa petani sering mengalami kegagalan. Sebelum menggunakan pupuk, beberapa hal harus diperhatikan, seperti dosis, cara pemakaian, dan manfaatnya untuk tanaman.

Proses produksi dapat menjadi tidak efisien jika pupuk digunakan dengan salah. Contohnya pemakaian jenis dan jumlah pupuk yang tidak sesuai dengan kebutuhan dan kondisi tanah atau pemilihan produk pupuk tertentu dengan harga tinggi, padahal ada produk lain yang kandungan komposisi haranya sama tetapi memiliki harga lebih murah. Akibatnya biaya produksi meningkat, tetapi hasilnya tidak sesuai harapan. Penggunaan pupuk yang tidak terkontrol dan berkelanjutan akan merusak tanah dan lingkungan di sekitar tanah pertanian. Struktur tanah akan rusak dan pH tanah akan turun karena beberapa jenis pupuk. Kerusakan keseimbangan organisme di dalam tanah dan kualitas air permukaan juga merupakan kerugian, seperti pencemaran air sungai di wilayah pertanian. (Novizan 2002 dalam Rahmadani 2017).

Prinsip Reduce dapat diterapkan di precision farming menjadi pengurangan input dalam usaha pertanian, khususnya di kegiatan pemupukan dengan tetap menyesuaikan dengan kebutuhan tanaman dan efisiensi penggunaannya. Dengan pola intensifikasi, pasokan hara akan tidak mungkin jika hanya bergantung pada alam seperti pelapukan dan air hujan. Akibatnya, pupuk harus diberikan dalam jumlah yang tepat. Meskipun kontribusi biaya pupuk terhadap biaya budidaya tanaman hanya sedikit, peran pupuk dalam mendukung keberhasilan budidaya tanaman sangat penting, bahkan mutlak antara 8 dan 10% (Arifin, 2002). Sangatlah mungkin bahwa pupuk yang digunakan secara efisien dalam budidaya tanaman mampu menurunkan biaya produksi, sebab pupuk menjadi langka dan mahal saat ini, efisiensi penggunaan pupuk semakin penting. Salah satu konsekuensi dari ini adalah peningkatan efisiensi penggunaan pupuk (Prabawa *et al.*, 2008).

3.3 Penerapan precision farming pada beberapa komoditas pertanian

3.3.1 Kelapa sawit (*Elaeis guinensis*)

Proses pemupukan yang dilakukan di perkebunan kelapa sawit, dimulai dengan mengambil sampel tanah dan daun untuk diuji di laboratorium sebelum menentukan dosis pupuk yang tepat. Menurut Prabawa *et al.* (2008), aktivitas ini membutuhkan banyak waktu dan biaya. Tetapi precision farming dapat mempersingkat dan menghasilkan lebih banyak uang. Institut Pertanian Bogor (IPB) memperkenalkan Precipalm, sebuah sistem rekomendasi pemupukan yang menggunakan pemodelan matematis untuk mengukur kadar hara makro nitrogen, fosfor, kalium, dan magnesium dalam tanaman kelapa sawit. Sistem ini menggunakan band warna dengan bantuan gambar satelit dari daun tanaman kelapa sawit. Keputusan pemberian dosis dan jenis pupuk yang akan digunakan bisa dibuat

secara tepat dan cepat dengan menerapkan sistem ini, sehingga meningkatkan produktivitas. Selain itu, status hara tanaman juga dapat dipantau dengan spektral tanaman yang diukur oleh kandungan klorofil daun (Rendana *et al.*, 2016). Mengetahui status hara tanaman membuat pemupukan lebih tepat sasaran.

3.3.2 Tebu (*Saccharum officinarum*)

Penelitian Prabawa *et al.* (2008) menunjukkan bahwa pemupukan N, P, dan K dengan metode precision framing mampu menurunkan penggunaan pupuk 53.47% untuk urea, meminimalkan 86.96% untuk TSP, produktivitas yang meningkat 7.6–10.7%, dan menambah keuntungan 1.09%.

3.3.3 Lada (*Piper nigrum*)

Salah satu komponen penting yang turut meningkatkan efektivitas penggunaan material input seperti pupuk, air, dan pestisida adalah akurasi dalam pemeliharaan tanaman lada. Bentuk akurasi teknis pemeliharaan yang perlu lebih diperhatikan termasuk waktu, jumlah, dan penempatan. Perbaikan dalam budidaya lada sangat relevan jika difokuskan pada penerapan konsep pertanian yang lebih presisi dan mekanisasi. Ini karena produktivitas yang diharapkan dapat meningkat dan kualitas hasil lada secara signifikan dengan lebih presisi memberikan hara, air, dan pestisida yang sesuai dengan kebutuhan fisiologis tanaman lada.

Lada adalah tanaman pengonsumsi hara yang tinggi, dengan pemakan akar terkonsentrasi antara 0 dan 40 cm di bawah permukaan tanah. Tanaman lada membutuhkan hara makro dalam urutan berikut: N lebih besar daripada K, lebih kecil daripada Ca, lebih besar daripada Mg, dan kandungan hara di jaringan daun sebesar 3.10% N, 0.16% P, 3.40% K, 1.66% Ca, dan 0.44% Mg adalah tingkat kebutuhan normalnya (Pitono, 2019). Melalui Penelitian Tanaman Rempah dan Obat (Balitro) dari Badan Litbang Pertanian, untuk budidaya lada telah memulai pengembangan metode aplikasi fertigasi statis dan non-statis yang menggunakan robot berpenggerak (Pitono 2019). Metode ini diharapkan dapat membuat penggunaan hara dan air untuk budidaya lada lebih tepat. Hasil penelitian yang telah dilakukan di lapangan menunjukkan bahwa penggunaan fertigasi pada musim kering secara efektif menghasilkan pertumbuhan lada yang lebih baik dibandingkan tanaman kontrol yang dibudidayakan secara konvensional. Pertumbuhan lada yang dibudidayakan dengan tiang panjat hidup dan mati sama-sama mendapat manfaat yang signifikan dari penggunaan fertigasi (Rusmin *et al.*, 2018).

Selain itu, evaluasi lebih lanjut dari penelitian ini menunjukkan bahwa teknik fertigasi dapat menghemat input hara hingga 25% pada pertanaman lada bertajar hidup glycirida berusia dua tahun. Dengan penghematan input hara hingga 50%, pertumbuhan lada berusia dua tahun tetap baik (Rusmin *et al.*, 2018). Hasil penelitian menunjukkan bahwa teknik pertanian presisi dapat digunakan untuk budidaya lada. Teknologi fertigasi cukup efektif untuk mengontrol pemberian hara dan air agar ukurannya lebih efisien dan tepat. Oleh karena itu, fertigasi dapat dianggap sebagai salah satu bagian penting dari teknik pertanian presisi (Sureshkumar *et al.*, 2016).

3.4 Potensi reduce di masa mendatang melalui precision farming

Penerapan prinsip reduce dalam precision farming memiliki potensi besar untuk terus berkembang di masa mendatang, sejalan dengan kemajuan teknologi dan meningkatnya kesadaran akan pertanian berkelanjutan. Salah satu area yang menjanjikan adalah pengembangan sistem sensor dan analisis data yang lebih canggih. Dengan memanfaatkan teknologi Internet of Things (IoT) dan kecerdasan buatan dapat memberikan data kondisi tanah saat ini, kelembaban, serta kebutuhan nutrisi tanaman dengan tingkat presisi yang lebih tinggi. Hal ini akan memungkinkan pengurangan penggunaan input pertanian seperti air, pupuk, dan pestisida secara lebih signifikan, tanpa mengorbankan produktivitas.

Sebagaimana yang telah ditunjukkan dalam penelitian tanaman tebu pada ulasan diatas, di mana pendekatan precision farming dapat menekan pemborosan penggunaan pupuk.

Selain itu, integrasi teknologi drone dan pencitraan satelit yang lebih canggih dalam precision farming berpotensi untuk meningkatkan efisiensi penggunaan lahan dan sumber daya. Teknologi ini dapat membantu dalam pemetaan kesuburan tanah, deteksi dini penyakit tanaman, dan pemantauan pertumbuhan tanaman secara lebih akurat (Buja *et al.*, 2021; Dhanaraju *et al.*, 2022; Ogunleye *et al.*, 2018; Afzali *et al.*, 2021). Dengan demikian, petani dapat menerapkan prinsip reduce tidak hanya pada penggunaan pupuk, tetapi juga pada penggunaan pestisida dan air irigasi, sekaligus meningkatkan produktivitas lahan. Lebih jauh lagi, potensi reduce di masa mendatang juga terletak pada pengembangan sistem fertigasi yang lebih canggih dan terotomatisasi. Seperti yang telah ditunjukkan dalam penelitian pada tanaman lada pada ulasan diatas. Dengan pengembangan lebih lanjut, sistem fertigasi berbasis AI dapat dirancang untuk memberikan nutrisi dan air secara lebih presisi sesuai dengan kebutuhan spesifik setiap tanaman dan kondisi lingkungan yang dinamis.

4. Kesimpulan

Precision farming merupakan salah satu pendekatan yang solutif dalam pertanian modern untuk mengintegrasikan teknologi informasi dan sistem manajemen spesifik lokasi untuk mengoptimalkan produktivitas dan keberlanjutan. Konsep ini, yang mencakup penggunaan GPS, GIS, penginderaan jauh, dan lainnya, sehingga memungkinkan petani untuk menerapkan prinsip reduce dalam penggunaan input pertanian. Studi kasus pada tanaman kelapa sawit, tebu, dan lada menunjukkan potensi signifikan precision farming dalam meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya dan menekan dampak lingkungan. Dengan perkembangan teknologi sensor, IoT, kecerdasan buatan, dan sistem fertigasi canggih, precision farming menawarkan solusi yang menjanjikan. Sistem ini meminimalkan limbah dan run-off. Dengan demikian, penerapan prinsip reduce melalui precision farming tidak hanya akan meningkatkan efisiensi produksi pertanian, tetapi juga berkontribusi signifikan terhadap konservasi lingkungan dan keberlanjutan jangka panjang sektor pertanian.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dalam penyusunan artikel ini. Terima kasih khusus ditujukan kepada kolega dan dosen di IPB University atas masukan dan bimbingannya, serta kepada pihak-pihak yang telah memberikan akses ke berbagai referensi penting dalam bidang precision farming dan pengelolaan lahan pertanian. Tanpa dukungan dari berbagai pihak ini, penelitian ini tidak akan dapat diselesaikan dengan baik.

Kontribusi Penulis

Konseptualisasi, D.U., N.I.D.A.; Metodologi, D.U., N.I.D.A.; Perangkat Lunak, N.I.D.A.; Validasi, D.U., N.I.D.A.; Analisis Formal, N.I.D.A.; Investigasi, D.U.; Sumber Daya, D.U., N.I.D.A.; Kurasi Data, D.U.; Penulisan – Persiapan Draf Asli, D.U., N.I.D.A.; Penulisan – Tinjauan & Pengeditan, D.U., N.I.D.A.; Visualisasi, N.I.D.A.; Pengawasan, D.U.; Administrasi Proyek, D.U., N.I.D.A.; and Perolehan Pendanaan, D.U., N.I.D.A.

Pendanaan

Penelitian ini tidak menerima pendanaan eksternal.

Pernyataan Dewan Peninjau Etis

Tidak tersedia.

Pernyataan *Informed Consent*

Tidak tersedia.

Pernyataan Ketersediaan Data

Tidak tersedia.

Konflik Kepentingan

Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan.

Akses Terbuka

©2024. Artikel ini dilisensikan di bawah Lisensi Internasional Creative Commons Attribution 4.0, yang mengizinkan penggunaan, berbagi, adaptasi, distribusi, dan reproduksi dalam media atau format apa pun selama Anda memberikan kredit yang sesuai kepada penulis asli dan sumbernya, berikan tautan ke lisensi Creative Commons, dan tunjukkan jika ada perubahan. Gambar atau materi pihak ketiga lainnya dalam artikel ini termasuk dalam lisensi Creative Commons artikel tersebut, kecuali dinyatakan lain dalam batas kredit materi tersebut. Jika materi tidak termasuk dalam lisensi Creative Commons artikel dan tujuan penggunaan Anda tidak diizinkan oleh peraturan perundang-undangan atau melebihi penggunaan yang diizinkan, Anda harus mendapatkan izin langsung dari pemegang hak cipta. Untuk melihat salinan lisensi ini, kunjungi: <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Daftar Pustaka

- Afzali, S., Mosharafian, S., van Iersel, M. W., & Mohammadpour Velni, J. (2021). Development and implementation of an IoT-enabled optimal and predictive lighting control strategy in greenhouses. *Plants*, 10(12), 2652. <https://doi.org/10.3390/plants10122652>
- Anderson, H. B., Nilsen, L., Tømmervik, H., Karlsen, S. R., Nagai, S., & Cooper, E. J. (2016). Using ordinary digital cameras in place of near-infrared sensors to derive vegetation indices for phenology studies of High Arctic vegetation. *Remote Sensing*, 8(10), 847. <https://doi.org/10.3390/rs8100847>
- Arifin, Z. (2002, July 9). *Program Penyiapan Pupuk Nasional Tahun 2002 – 2007 untuk Ketahanan Pangan. Peningkatan Produktivitas melalui Penguasaan Teknologi Inovatif menuju Kemandirian Industri Pertanian*. Prosiding Seminar Nasional, Jakarta, Persatuan Insinyur Indonesia, 31–36.
- Arimbi, D. (2018). *Optimalisasi Pengelolaan Sampah Berbasis 3R (Reduce, Reuse, Recycle) di Kelurahan Jambangan, Surabaya*. Tesis. Institut Teknologi Surabaya. Surabaya.
- Aune, J. B., Coulibaly, A., & Giller, K. E. (2017). Precision farming for increased land and labour productivity in semi-arid West Africa. A review. *Agronomy for sustainable development*, 37, 1-10. <https://doi.org/10.1007/s13593-017-0424-z>
- Buja, I., Sabella, E., Monteduro, A. G., Chiriaco, M. S., De Bellis, L., Luvisi, A., & Maruccio, G. (2021). Advances in plant disease detection and monitoring: From traditional assays to in-field diagnostics. *Sensors*, 21(6), 2129. <https://doi.org/10.3390/s21062129>
- Dhanaraju, M., Chenniappan, P., Ramalingam, K., Pazhanivelan, S., & Kaliaperumal, R. (2022). Smart farming: Internet of Things (IoT)-based sustainable agriculture. *Agriculture*, 12(10), 1745. <https://doi.org/10.3390/agriculture12101745>
- Gebbers, R., & Adamchuk, V. I. (2010). Precision agriculture and food security. *Science*, 327(5967), 828-831. <https://doi.org/10.1126/science.1183899>
- Ginting, E. N., & Wiratmoko, D. (2021). Potensi dan Tantangan Penerapan Precision Farming dalam Upaya Membangun Perkebunan Kelapa Sawit yang Berkelanjutan. *War. PPKS*, 26(2), 55-65. <https://doi.org/10.22302/iopri.war.warta.v26i2.47>
- Godwin, R. J., Wood, G. A., Taylor, J. C., Knight, S. M., & Welsh, J. P. (2003). Precision farming of cereal crops: a review of a six year experiment to develop management guidelines. *Biosystems Engineering*, 84(4), 375-391. [https://doi.org/10.1016/S1537-5110\(03\)00031-X](https://doi.org/10.1016/S1537-5110(03)00031-X)

- Kamienski, C., Soininen, J. P., Taumberger, M., Dantas, R., Toscano, A., Salmon Cinotti, T., ... & Torre Neto, A. (2019). Smart water management platform: IoT-based precision irrigation for agriculture. *Sensors*, 19(2), 276. <https://doi.org/10.3390/s19020276>
- Ogunleye, G. O., Fashoto, S. G., Mashwama, P., Arekete, S. A., Olaniyan, O. M., & Omodunbi, B. A. (2018). Fuzzy logic tool to forecast soil fertility in Nigeria. *The Scientific World Journal*, 2018(1), 3170816. <https://doi.org/10.1155/2018/3170816>
- Pitono, J. (2019). The Precision Farming on Pepper Cultivation. *Perspektif*, 18(2), 91- 103. <http://dx.doi.org/10.21082/psp.v18n2.2019.91-103>
- Prabawa, S., Pramudya, B., Astika, I. W., Setiawan, R. P. A., & Rustiadi, E. (2008, November 18-19). *Precision Farming Approach in N, P, and K Fertilization of Sugar Cane Cultivation: Case Study in PT Gula Putih Mataram*. Prosiding Seminar Nasional Teknik Pertanian 2008, Yogyakarta, 1-15.
- Putra, B. T. W. (2020). Sosialisasi Precision Farming untuk Monitoring Tanaman Perkebunan dan Hortikultura Kabupaten Jember. *Warta Pengabdian*, 14(4), 231-239. <https://doi.org/10.19184/wrtp.v14i4.16704>
- Putra, B. T. W., & Soni, P. (2017). Evaluating NIR-Red and NIR-Red edge external filters with digital cameras for assessing vegetation indices under different illumination. *Infrared Physics & Technology*, 81, 148-156. <https://doi.org/10.1016/j.infrared.2017.01.007>
- Rahmadani, F. 2017. Analisis Efisiensi Penggunaan Pupuk pada Tanaman Kelapa Sawit Perkebunan Rakyat dengan Menggunakan Metode Data Envelopment Analysis. Skripsi. Universitas Sumatera Utara.
- Rendana, M., Rahim, S. A., Idris, W. M. R., Lihan, T., & Rahman, Z. A. (2016). Mapping nutrient status in oil palm plantation using geographic information system. *Asian Journal of Agricultural Research*, 10(3), 144-153. <http://dx.doi.org/10.3923/ajar.2016.144.153>
- Rusmin, D., Suryadi, R., Pitono, J., Melati, & Permadi, R. A. (2018). Optimasi Produksi Benih Lada Bermutu Melalui Fertigasi Statis dan Sistem Tanam Sisip dalam Baris. *Balitro*. Bogor. *Science*, 327(5967), 828-831.
- Sitthaphanit, S., Limpinuntana, V., Toomsan, B., Panchaban, S., & Bell, R. W. (2009). Fertiliser strategies for improved nutrient use efficiency on sandy soils in high rainfall regimes. *Nutrient cycling in agroecosystems*, 85, 123-139. <https://doi.org/10.1007/s10705-009-9253-z>
- Sureshkumar, P., Geetha, P., Kutty, M. N., Kutty, C. N., & Pradeepkumar, T. (2016). Fertigation-the key component of precision farming. *Journal of Tropical Agriculture*, 54(2), 103-103. <https://jtropag.kau.in/index.php/ojs2/article/view/451>
- Takele, C., & Iticha, B. (2020). Use of infrared spectroscopy and geospatial techniques for measurement and spatial prediction of soil properties. *Heliyon*, 6(10). [https://www.cell.com/heliyon/fulltext/S2405-8440\(20\)32112-5](https://www.cell.com/heliyon/fulltext/S2405-8440(20)32112-5)
- Umeda, M., Iida, M., & Suguri, M. (1999). *Research at Laboratory of Farm Machinery of Kyoto University*. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/19992402478>

Biografi Penulis

Desti Undari, Program Magister, Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, IPB University, Bogor, Jawa Barat 16680, Indonesia dan peneliti di Direktorat Jenderal Tanaman Pangan, Kementerian Pertanian Republik Indonesia, Jakarta Selatan, DKI Jakarta 12520, Indonesia.

- Email: destiundari@apps.ipb.ac.id
- ORCID: N/A
- Web of Science ResearcherID: N/A
- Scopus Author ID: N/A
- Homepage: N/A

Nor Isnaeni Dwi Arista, peneliti di bidang ilmu pertanian dan lingkungan, magister sains dari IPB University, Indonesia.

- Email: dewi.arista@apps.ipb.ac.id
- ORCID: 0000-0001-7196-2838
- Web of Science ResearcherID: JKI-9867-2023
- Scopus Author ID: 58185882900
- Homepage: <https://journal-iasssf.com/index.php/JASSU/editorial>